

corresponds to US 6,623,097

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-341296

(P2001-341296A)

(43) 公開日 平成13年12月11日 (2001. 12. 11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
B 4 1 J 2/01		B 0 5 B 1/14	Z 2 C 0 5 6
B 0 5 B 1/14		B 0 5 C 5/00	1 0 1 3 K 0 0 7
B 0 5 C 5/00	1 0 1	11/06	4 D 0 7 5
11/06		B 0 5 D 3/04	Z 4 F 0 3 3
B 0 5 D 3/04		H 0 5 B 33/10	4 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-376294(P2000-376294)

(22) 出願日 平成12年12月11日 (2000. 12. 11)

(31) 優先権主張番号 特願2000-98161(P2000-98161)

(32) 優先日 平成12年3月31日 (2000. 3. 31)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 岡田 信子

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 関 俊一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅彦 (外1名)

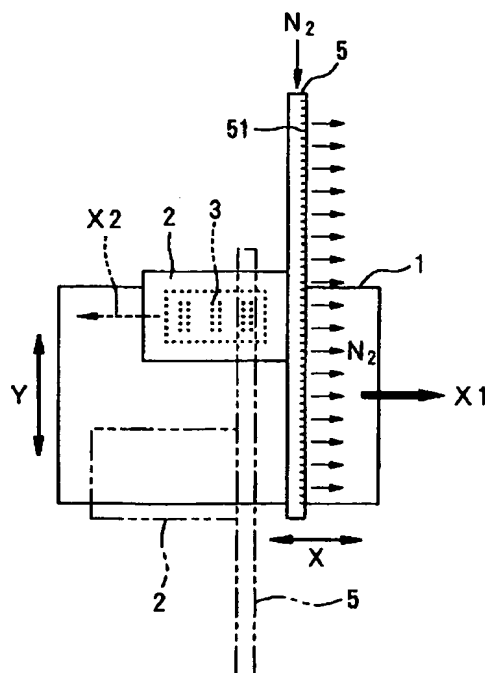
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット法による薄膜形成方法、インクジェット装置、有機EL素子の製造方法、有機EL素子

(57) 【要約】

【課題】 インクジェット法による薄膜の形成方法において、吐出する液体の溶媒が密度の大きな溶媒である場合でも、基板面内での均一性の高い薄膜が得られるようにする。

【解決手段】 インクジェットヘッド2の後部に、十分な長さのガスフロー用チューブ5を固定する。このチューブ5から基板1面に向けて常時気体を吹き出しながら、液体の吐出を行う。基板1上に配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気は、この液滴が配置された直後に、チューブ5からの気体で吹き飛ばされて除去される。この除去された気体は、これから液滴の配置を行う領域および既に液滴の配置が行われた領域に向かわない。これにより、液滴の配置順に起因する液滴の乾燥速度の差が小さくなる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 液体吐出口を基板に対して相対的に移動させながら、液体吐出口から基板上の各位置に向けて、薄膜形成材料と溶媒とを含む液体を吐出することにより、基板上の各位置に順次液滴を配置する工程を有するインクジェット法による薄膜形成方法において、基板上に先に配置されている液滴から蒸発した溶媒蒸気を強制的に基板面内から除去しながら、後の液滴の配置を行うことを特徴とするインクジェット法による薄膜の形成方法。

【請求項 2】 液体吐出口を基板に対して相対的に移動させながら、液体吐出口から基板上の各位置に向けて、薄膜形成材料と溶媒とを含む液体を吐出することにより、基板上の各位置に順次液滴を配置する工程を有するインクジェット法による薄膜形成方法において、基板上に配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気を、当該液滴の配置直後に強制的に基板面内から除去することを特徴とするインクジェット法による薄膜の形成方法。

【請求項 3】 溶媒蒸気の除去を基板面に気体を吹き付けることで行う請求項 1 または 2 記載の薄膜形成方法。

【請求項 4】 基板上の何れかの位置に液滴の配置を行っている間は、液体吐出口より後側（液体吐出口の基板に対する相対的な進行方向の後側）に存在する基板面に対して、常に気体の吹き付けを行う請求項 3 記載の薄膜形成方法。

【請求項 5】 被液体吐出面の既に液滴が配置された面に向けて気体を吹き付ける気体吹き付け装置を備えたインクジェット装置。

【請求項 6】 気体吹き付け装置は、長手方向に沿って複数の気体吹き出し穴が形成されているチューブ状の気体吹き付け部を有し、このチューブは、液体吐出口を備えたインクジェットヘッドに固定され、その固定位置は、インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の後側である請求項 5 記載のインクジェット装置。

【請求項 7】 気体吹き付け部は液体吐出口の近くに配置され、この気体吹き付け部は、インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の後側に、鉛直方向に対して $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ の角度で、気体が吹き出すように構成されている請求項 6 記載のインクジェット装置。

【請求項 8】 チューブの長手方向に沿った気体吹き出し領域の長さが、被液体吐出面のチューブの長手方向に沿った寸法の 2 倍以上であり、このチューブの気体吹き出し領域の長手方向中心にインクジェットヘッドが配置されている請求項 6 または 7 記載のインクジェット装置。

【請求項 9】 インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の前側にも前記チューブが固定されている請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のイン

クジェット装置。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の薄膜形成方法で、または請求項 5 乃至 9 の何れか 1 項に記載のインクジェット装置を用いて、有機 EL 素子を構成する薄膜を形成する有機 EL 素子の製造方法。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の方法で製造された有機 EL 素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インクジェット法による薄膜形成方法、インクジェット装置、有機 EL（エレクトロルミネッセンス）素子の製造方法、有機 EL 素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、液晶ディスプレイに替わる自発光型ディスプレイとして、有機 EL 素子（陽極と陰極との間に有機物からなる発光層を設けた構造の発光素子）を画素に対応させて備える有機 EL ディスプレイの開発が加速度的に進んでいる。有機 EL 素子の発光層材料としては、低分子量の有機材料であるアルミキノリノール錯体（Alq3）等と、高分子量の有機材料であるポリパラフェニレンビニレン（PPV）等がある。

【0003】 例えば「Appl. Phys. Lett. 51 (12), 21 September 1987 913 頁」には、低分子量の有機材料からなる発光層を蒸着法で成膜することが記載されている。また、「Appl. Phys. Lett. 71 (1), 7 July 1997 34 頁」には、高分子量の有機材料からなる発光層を塗布法で成膜することが記載されている。

【0004】 ディスプレイ用の有機 EL 素子では、基板上の各画素位置に陽極を形成し、各陽極の上に発光層を配置する必要がある。したがって、発光層の配置をインクジェット法で行うことができれば、塗布とパターニングが同時にできるため、短時間で精度の高いパターニングができる。しかも、用いる材料が必要最小限で済むため、材料に無駄がなく製造コストを低くするという点でも有効である。

【0005】 発光層の配置をインクジェット法で行うためには、液状の材料を使用する必要があるが、発光層材料として PPV 等の高分子材料を用いる場合は、例えばその前駆体溶液を使用することでインクジェット法による配置が可能である。PPV 系高分子材料からなる発光層をインクジェット法で配置することについては、特開平 11-40358 号公報、特開平 11-54270 号公報、特開平 11-339957 号公報等に記載されている。

【0006】 従来のインクジェット法による液体配置では、例えば、図 1 (a) に示すように、基板 1 より小さいインクジェットヘッド 2 を用い、ヘッド 2 のノズル列 3 の長さに対応させて基板 1 面内を複数の領域 11 ～ 1

5に分け、ヘッド2のノズル3からの液体吐出を、基板1またはヘッド2を移動させながら各領域毎に順次行っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方法では、吐出する液体の溶媒が密度の大きな溶媒であると、液滴から蒸発した溶媒蒸気が基板面内に留まり易い。そのため、例えば図1(b)に示すように、基板上への配置順が早い液滴Aと遅い液滴Bとを比較すると、配置順が遅い液滴Bは、前記溶媒蒸気の高圧分圧が周囲気圧で液体の吐出が行われることになる。その結果、液滴Bの乾燥速度は液滴Aよりも遅くなる。また、先に配置された液滴Aも、基板面内に留まった溶媒蒸気の影響を受けて、乾燥後に再溶解したり、乾燥速度が遅くなったりすることがある。

【0008】そのため、分子量や極性の異なる複数の高分子材料が密度の大きな溶媒に溶解している溶液を、従来のインクジェット法で基板上に配置すると、乾燥速度の遅い液滴は複数の高分子材料が相分離した状態の薄膜になり易い。また、基板面内での各液滴の乾燥速度が異なると、基板面内の位置によって、得られる薄膜の状態が異なることになる。

【0009】以上のことから、有機ELディスプレイで、発光層の配置を従来のインクジェット法で行うと、画素間や画素内で輝度が異なる状態になる恐れがある。本発明は、このような従来技術の問題点に着目してなされたものであり、インクジェット法による薄膜の形成方法において、吐出する液体の溶媒が密度の大きな溶媒である場合でも、基板面内での均一性の高い薄膜が得られるようにすることを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、液体吐出口を基板に対して相対的に移動させながら、液体吐出口から基板上の各位置に向けて、薄膜形成材料と溶媒とを含む液体を吐出することにより、基板上の各位置に順次液滴を配置する工程を有するインクジェット法による薄膜形成方法において、基板上に先に配置されている液滴から蒸発した溶媒蒸気を強制的に基板面内から除去しながら、後の液滴の配置を行うことを特徴とするインクジェット法による薄膜の形成方法を提供する。

【0011】本発明の方法によれば、吐出する液体の溶媒が密度の大きな溶媒の場合であっても、基板上に先に配置されている液滴から蒸発した溶媒蒸気が基板面内に留まらないため、配置順の遅い位置の液体吐出を溶媒蒸気分圧の低い雰囲気で行われるようにすることができる。密度の大きな溶媒としては、シクロヘキシルベンゼン、テトラリン、テトラメチルベンゼン、ドデシルベンゼン、ジェチルベンゼン等が挙げられる。

【0012】これにより、配置順の遅い位置の液滴の方

が早い位置の液滴よりも液滴の乾燥速度が遅くなることが防止される。また、配置順の早い位置の液滴が乾燥後に再溶解したり、この液滴の乾燥速度が遅くなったりすることが防止される。また、液滴の乾燥速度が遅くなることが防止されることによって、吐出液体として、分子量や極性の異なる複数の高分子材料が密度の大きな溶媒に溶解している溶液を使用する場合でも、複数の高分子材料が相分離した状態の薄膜になることが防止される。

【0013】本発明はまた、液体吐出口を基板に対して相対的に移動させながら、液体吐出口から基板上の各位置に向けて、薄膜形成材料と溶媒とを含む液体を吐出することにより、基板上の各位置に順次液滴を配置する工程を有するインクジェット法による薄膜形成方法において、基板上に配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気を、当該液滴の配置直後に強制的に基板面内から除去することを特徴とするインクジェット法による薄膜の形成方法を提供する。

【0014】この方法によれば、基板上に配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気が、直ぐに基板面内に存在しない状態となるため、先に配置された液滴が、後から配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気の影響を受けることが防止される。これにより、先に配置された液滴と後から配置された液滴とで、乾燥条件の差を小さくすることができる。

【0015】本発明の方法においては、溶媒蒸気の除去を基板面に気体を吹き付けることで行うことが好ましい。この方法によれば、吐出する液体の溶媒が、基板面内に留まり易い密度の大きな溶媒であっても、溶媒蒸気の除去を効果的に行うことができる。この方法で使用する気体としては、吐出する液体と反応しない気体を使用する必要があり、アルゴンガスや窒素ガス等の不活性ガスを使用することが好ましい。

【0016】本発明の方法においては、基板上の何れかの位置に液滴の配置を行っている間は、液体吐出口より後側（液体吐出口の基板に対する相対的な進行方向の後側）に存在する基板面に対して、常に気体の吹き付けを行うことが好ましい。この方法によれば、例えば、基板面を或る方向に沿った帯状の複数領域に分け、各領域で液体吐出口を同じ向きに相対移動させながら液滴の配置を行う場合に、現在液滴の配置が行われている領域の液滴からの溶媒蒸気を、この溶媒蒸気の強制除去に伴って、これから液滴の配置を行う領域および既に液滴の配置が行われた領域に向かわせないようにすることができる。その結果、基板面内での各位置の液滴の乾燥条件を同じにすることができる。

【0017】本発明はまた、被液体吐出面の既に液滴が配置された面に向けて気体を吹き付ける気体吹き付け装置を備えたインクジェット装置を提供する。このインクジェット装置によれば、本発明の方法を容易に行うことができる。本発明のインクジェット装置において、気体

10

20

30

40

50

吹き付け装置は、長手方向に沿って複数の気体吹き出し穴が形成されているチューブ状の気体吹き付け部を有し、このチューブは、液体吐出口を備えたインクジェットヘッドに固定され、その固定位置は、インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の後側であることが好ましい。

【0018】本発明のインクジェット装置においては、気体吹き付け部は液体吐出口の近くに配置され、この気体吹き付け部は、インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の後側に、鉛直方向に対して $30^\circ \sim 60^\circ$ の角度で、気体が吹き出すように構成されていることが好ましい。本発明のインクジェット装置においては、チューブの長手方向に沿った気体吹き出し領域の長さが、被液体吐出面のチューブの長手方向に沿った寸法の2倍以上であり、このチューブの気体吹き出し領域の長手方向中心にインクジェットヘッドが配置されていることが好ましい。

【0019】本発明のインクジェット装置においては、インクジェットヘッドの被液体吐出面に対する相対的な進行方向の前側にも前記チューブが固定されていることが好ましい。本発明はまた、本発明のインクジェット法による薄膜形成方法で、または本発明のインクジェット装置を用いて、有機EL素子を構成する薄膜を形成する有機EL素子の製造方法と、この方法で製造された有機EL素子を提供する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【第1実施形態】本発明の第1実施形態に相当する、インクジェット法による薄膜形成方法について説明する。

【0021】この方法では、図1(a)に示すように、基板1より小さいインクジェットヘッド2を用い、このヘッド2を基板1面に対して上方に配置し、このヘッド2の下部に配置されたノズル（液体吐出口）列3から液体吐出を行う。また、ヘッド2のノズル列3の長さに対応させて、長方形の基板1面内を、長辺方向Xに沿った*

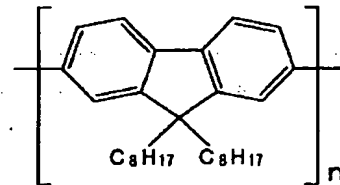
* 帯状の複数の領域11～15に分ける。

【0022】そして、基板1を長辺方向Xに沿った右向きX1に移動させながら、各領域11～15毎に基板1の右端から左端まで、ヘッド2のノズル列3から液体を吐出することにより、基板1の各位置に液滴4を配置する。ヘッド2は、基板1に対して相対的に左向きX2に移動する。一領域に対する液滴の配置が終わったら、この領域の基板1面に向けて窒素を0.1MPaで吹き付けることにより、基板1上に配置された液滴4から蒸発した溶媒蒸気を強制的に基板1面内から除去する。次に、ヘッド2を基板1をなす長方形の短辺方向Yに沿って移動するとともに、基板1を左向きX2に移動させることにより、ヘッド2が次の領域の右端（吐出開始位置）に配置されるようにする。これを繰り返すことにより、領域11から領域15まで、液滴4の配置と溶媒蒸気の除去を行う。

【0023】すなわち、この実施形態の方法では、各領域11～15単位で、基板1上に先に配置されている液滴から蒸発した溶媒蒸気を強制的に基板面内から除去しながら、後の液滴の配置を行っている。使用した液体は、下記の化学式(1)～(3)で示される化合物1～3を、重量比で化合物1：化合物2：化合物3＝0.76：0.2：0.04の割合で混合した材料を、シクロヘキシルベンゼン1リットルに対して10gの割合で溶解させたものである。この混合材料は、有機EL素子の緑色発光層形成材料である。

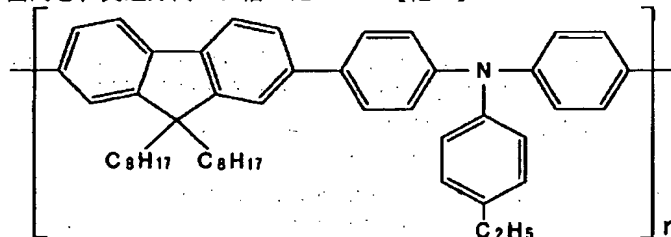
【0024】

【化1】



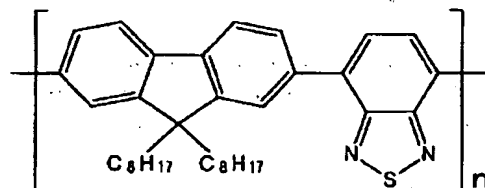
【0025】

【化2】



【0026】

【化3】



【0027】この実施形態の方法では、各領域に対する液滴4の配置が、手前の領域に対する溶媒蒸気の除去を行った後に行われるため、図1(b)に示すように、基板上への配置順が遅い液滴Bでも配置順が早い液滴Aと同様に、溶媒蒸気の分圧が低い雰囲気で行われる。そのため、いずれの液滴A、Bでも乾燥速度が速く、乾燥後に加熱処理して得られた薄膜に相分離が生じない。

(実施例1) 第1実施形態の方法による液滴の配置を行って薄膜を形成し、図1(b)の液滴A、Bに対応する各位置の薄膜について、蛍光スペクトルを測定したところ、いずれの液滴A、Bの位置でも、図2に示す同じ蛍光スペクトルが得られた。図2のグラフでは、中心波長515nmの大きなピークが一つだけ表れており、いずれの液滴A、Bも相分離が生じない状態で乾燥されたことが分かる。

【0028】比較例として、一領域毎の液滴配置終了後に窒素の吹き付けによる溶媒蒸気の強制除去を行わずに、領域11から領域15まで続けて液滴4の配置を行い、その他の点については第1実施形態と同じ方法で薄膜の形成を行った。図1(b)の液滴A、Bに対応する各位置の薄膜について、蛍光スペクトルを測定したところ、液滴Aの位置では図3に示す蛍光スペクトルが得られ、液滴Bの位置では図4に示す蛍光スペクトルが得られた。

【0029】図3のグラフでは、中心波長515nmのピーク以外にも420nmや475nmに小さなピークが表れており、液滴Aは僅かに相分離が生じた状態で乾燥されたことが分かる。また、図4のグラフでは、中心波長515nmのピーク強度が低く、475nmのピーク強度がこれと同じ程度であり、420nmに強度の高いピークが表れている。この結果から、液滴Bは相分離が生じた状態で乾燥されたことが分かる。

【0030】以上のことから、この実施形態の方法によれば、配置順が早い位置でも遅い位置でも相分離が生じない状態の薄膜が得られることが分かる。

【第2実施形態】本発明の第2実施形態に相当する、インクジェット法による薄膜形成方法について説明する。

【0031】図5は、この実施形態の方法を説明するための平面図である。図6は、この実施形態の方法で使用するインクジェット装置を説明するための側面図である。この方法では、第1実施形態と同様に、基板1より小さいインクジェットヘッド2を用い、このヘッド2を基板1面に対して上方に配置し、このヘッド2の下部に配置されたノズル(液体吐出口)列3から液体吐出を行う。また、ヘッド2のノズル列3の長さに対応させて、基板1面内を第1実施形態と同様に複数の領域に分け、第1実施形態と同様に基板1を移動させながら、各領域毎に順次ノズル列3からの液体吐出を行う。

【0032】ただし、この方法では、第1実施形態とは異なり、インクジェットヘッド2にガスフロー用チュー

ブ5が固定してあるインクジェット装置を用い、このチューブ5から常時気体を吹き出しながら、液体の吐出を行う。このインクジェットヘッド2は、上側部材21と下側部材22とからなる。下側部材22は上側部材21より平面形状が小さく、下側部材22にはノズル31等が内蔵されている。ガスフロー用チューブ5は、上側部材21の後端面に固定されている。上側部材21の後端面は、インクジェットヘッド2の相対的な進行方向X2の後側に相当する。

10 【0033】このチューブ5の周面には、チューブ5の長手方向に沿って一列に、長手方向全体に渡って等間隔で、多数の気体吹き出し穴51が形成されている。このチューブ5の一端は閉じてあり、他端には窒素ガスの供給管が接続されている。このチューブ(気体吹き付け部)5と窒素ガスの供給管と窒素ガスポンプ等により、基板1の上面(被液体吐出面)に向けて気体を吹き付ける気体吹き付け装置が構成されている。

20 【0034】チューブ5の長さ(気体吹き出し領域の長さ)は、基板1の短辺方向Yの寸法の2倍になっている。このチューブ5は、その長手方向中心にヘッド2が配置され、チューブ5の長手方向とノズル列3が平行になり、且つ気体吹き出し穴51の鉛直方向Zに対する角度 θ (X1側を正とする)が45°となるように、ヘッド2に対して固定されている。

30 【0035】したがって、このインクジェット装置によれば、ヘッド2が基板1のどの領域に位置している場合でも、基板1の短辺方向Yの全体にチューブ5から気体が吹き出される。この実施形態の方法では、基板1上に配置された液滴4から蒸発した溶媒蒸気は、この液滴4が配置された直後に、チューブ5から吹き出された気体に吹き飛ばされて、基板1の進行方向X1側に除去される。また、現在液滴の配置が行われている領域以外の基板1面にも、チューブ5から常時気体が吹き付けられるため、気体に吹き飛ばされた溶媒蒸気が、これから液滴の配置を行う領域および既に液滴の配置が行われた領域に向かわない。

40 【0036】したがって、この実施形態の方法によれば、先に配置された液滴が、後から配置された液滴から蒸発した溶媒蒸気の影響を受けることが防止されるため、先に配置された液滴も、後から配置された液滴も同じ条件で乾燥される。

(実施例2-1) 第2実施形態の方法により、第1実施形態と同じ液体を用いて、基板1上の全領域に、下記の条件で液滴4の配置を行って薄膜を形成した。

<液滴配置の条件>

ヘッド2の下面と基板1との距離L: 0.6mm

チューブ5と最もチューブ5に近いノズル31との中心間距離W: 10mm

チューブ5の断面円中心とヘッド2の下面との高さの差T: 10mm

チューブ 5 の直径 (内径) : 2 mm
 気体吹き出し穴 5 1 の直径 : 1 mm
 隣り合う気体吹き出し穴 5 1 の中心間の距離 : 2 mm
 窒素の吹き出し圧力 : 0.1 MPa
 その結果、基板 1 上の全領域で、得られた薄膜に相分離が生じなかった。

(実施例 2-2) 気体吹き出し穴 5 1 の鉛直方向 Z に対する角度 θ を -45° 、 0° 、 30° 、 45° 、 60° に変化させた。また、窒素ガスに代えてアルゴンガスを用い、アルゴンガスの吹き出し圧力を 0.175 MPa とした。これ以外の点は実施例 1 と同じにして、基板 1

【0037】その結果、 $\theta = 30^\circ$ 、 $\theta = 45^\circ$ 、 $\theta = 60^\circ$ の場合には、基板 1 上の全領域で、得られた薄膜に相分離が生じなかった。ノズル 3 1 の目詰まりも生じなかった。 $\theta = -45^\circ$ の場合には、液体吐出中にノズル 3 1 の目詰まりが生じた。これは、アルゴンガスがヘッド 2 の下面に吹き付けられて、ノズル 3 1 内の液体が乾燥するためであると考えられる。また、アルゴンガスの吹き付けにより、ノズル 3 1 から吐出された液体が鉛直下方ではなく、斜め前方の位置に落下する現象が生じた。

【0038】 $\theta = 0^\circ$ の場合には、ノズル 3 1 の目詰まりは生じなかった。得られた薄膜の状態については、図 1 (b) の液滴 A の位置では相分離が生じなかったが、液滴 B の位置では僅かに相分離が生じた。 $\theta = 90^\circ$ の場合には、ノズル 3 1 の目詰まりは生じなかった。得られた薄膜の状態については、図 1 (b) の液滴 A の位置では相分離が生じなかったが、液滴 B の位置では相分離が生じた。この相分離の程度は、気体の吹き付けを行わないで液滴 4 の配置を行った場合とほぼ同じであった。

【0039】この実施例の結果から、ガスフロー用チューブ (気体吹き付け部) 5 がノズル (液体吐出口) 3 1 の近くに配置されている場合には、このチューブ 5 は、インクジェットヘッド 2 の基板 (被液体吐出面) 1 に対する相対的な進行方向 X 2 の後側に、鉛直方向 Z に対して $30^\circ \sim 60^\circ$ の角度で、気体が吹き出すように構成されているものが、本発明の方法で使用するインクジェット装置として好適であることが分かる。このインクジェット装置によれば、ノズル 3 1 からの液体吐出に影響を与えずに、良好な溶媒除去効果が得られる。

(実施例 2-3) 図 7 に示すように、チューブ 5 の長さ (気体吹き出し領域の長さ) を、基板 1 の短辺方向 Y の寸法と同程度にした。また、このチューブ 5 の閉じられている一端側にヘッド 2 を配置した。したがって、ヘッド 2 が基板 1 の最後の領域に位置している場合 (2 点鎖線を表示) には、基板 1 の短辺方向 Y のほぼ全体にチューブ 5 から気体が吹き出されるが、それ以外の場合には、基板 1 の短辺方向 Y にチューブ 5 から気体が吹き出されていない領域が存在する。

【0040】これ以外の点は実施例 1 と同じにして、基板 1 上の全領域に液滴 4 の配置を行って薄膜を形成した。得られた薄膜の状態については、液滴の配置が遅い領域で一部に相分離が生じていた。この相分離の程度および相分離が生じている薄膜の量は、気体の吹き付けを行わないで液滴の配置を行った場合と比較すると、極端であった。

(実施例 2-4) 図 8 に示すように、チューブ 5 の長さ (気体吹き出し領域の長さ) を、基板 1 の短辺方向 Y の寸法の半分程度にした。また、このチューブ 5 の長手方向中心にヘッド 2 を配置した。したがって、現在液滴の配置が行われている領域には気体が吹き出されるが、基板 1 の短辺方向 Y にチューブ 5 から気体が吹き出されていない領域が常に存在する。

【0041】これ以外の点は実施例 1 と同じにして、基板 1 上の全領域に液滴 4 の配置を行って薄膜を形成した。得られた薄膜の状態については、液滴の配置が遅い領域で一部に相分離が生じていた。この相分離の程度および相分離が生じている薄膜の量は、気体の吹き付けを行わないで液滴の配置を行った場合と比較すると僅かであったが、実施例 2-3 の場合よりは大きかった。

【0042】実施例 2-1 と 2-3 と 2-4 との比較から、チューブ 5 の長手方向に沿った気体吹き出し領域の長さが、基板 (被液体吐出面) 1 の短辺方向 Y の寸法 (チューブの長手方向に沿った寸法) の 2 倍以上であり、チューブ 5 の気体吹き出し領域の長手方向中心にインクジェットヘッド 2 が配置されたものが、本発明の方法で使用するインクジェット装置として好適であることが分かる。

〔第 3 実施形態〕第 3 実施形態として、本発明のインクジェット法による薄膜形成方法を有機 EL 素子の製造方法に適用した例について、図 9 を用いて説明する。

【0043】この有機 EL 素子は、画素が $70.5 \mu\text{m}$ ピッチで配置されている有機 EL ディスプレイである。まず、ガラス基板 6 1 上の各画素位置に ITO 電極 (陽極) 6 2 を形成する。次に、 SiO_2 層 6 3 とポリイミド層 6 4 とからなる二層構造の隔壁 (バンク) を、通常のフォトリソグラフィ工程とエッチング工程とにより形成する。 SiO_2 層 6 3 のバンクの開口円の直径は $28 \mu\text{m}$ であり、高さは $2 \mu\text{m}$ である。ポリイミド層 6 4 のバンク 2 2 の最上部での開口円の直径は $32 \mu\text{m}$ である。

【0044】次に、大気圧プラズマ処理を行って、ポリイミド層 6 4 のバンクの表面を撥液性にする。このプラズマ処理は、大気圧下、パワー 300 W、電極-基板間距離 1 mm の条件で、まず、酸素プラズマ処理を、酸素ガス流量 80 ccm、ヘリウムガス流量 10 SLM、テーブル搬送速度 10 mm/s の条件で行う。次に、CF₄ プラズマ処理を、CF₄ ガス流量 100 ccm、ヘリウムガス流量 10 SLM、テーブル搬送速度 5 mm

／sで行う。

【0045】次に、正孔注入／輸送層の形成材料を含む液体65aを、インクジェット法により二層構造のバンク

＜正孔注入／輸送層形成用混合溶液の組成＞

ポリエチレンジオキシチオフェンとポリスチレンスルホン酸との混合溶液

: 11.08重量%

ポリエチレンスルホン酸: 1.44重量%

イソプロピルアルコール: 10重量%

N-メチルピロリドン: 27.48重量%

1,3-ジメチル-2-イミダゾリジノン: 50重量%

このインクジェット法による液体の配置を、第2実施形態の方法により実施例2-1の条件で行った。ただし、窒素の吹き出し圧力は、0.175MPaとした。各開口部への液体の吐出量は15pLとした。図9(a)はこの状態を示す。

【0046】次に、この状態のガラス基板61を、室温、1Torrの雰囲気、200℃で10分間加熱することにより、ITO電極62上に膜厚60nmの正孔注入／輸送層65を形成した。図9(b)はこの状態を示す。次に、緑色発光層の形成材料を含む液体66aを、インクジェット法により正孔注入／輸送層65の上に配置する。この液体としては、第1実施形態で使用した液体と同じものを使用した。この液体の配置を、第2実施形態の方法により実施例2-1の条件で行った。ただし、窒素の吹き出し圧力は0.175MPaとした。図9(c)はこの状態を示す。

【0047】次に、この状態で前記液体を自然乾燥することにより、ITO電極62上に膜厚100nmの緑色発光層66を形成した。次に、陰極67を形成した。この陰極67は、例えば、真空蒸着法で2nmのLiF膜と20nmのCa膜を形成した後、スパッタリング法で200nmのAl膜を形成することにより得られる。次に、陰極67の上にエポキシ樹脂からなる封止層68を形成する。

【0048】以上の方法で得られた有機ELディスプレイを各種駆動電圧で駆動させ、ガラス基板61面内の各位置で輝度を測定したところ、液滴の配置順に関わらず基板面内ではほぼ同じ輝度が得られた。また、全ての画素の緑色発光層66に相分離が見られなかった。比較のために、正孔注入／輸送層をなす液体65aの配置および緑色発光層をなす液体66aの配置を、ガスフロー用チューブ5のないインクジェット装置を用いて行い、それ以外の点は全く同じ方法で有機ELディスプレイを作製した。この有機ELディスプレイを各種駆動電圧で駆動させ、ガラス基板61面内の各位置での輝度を測定したところ、液滴の配置順の違いで画素間に輝度の違いが見られた。また、いくつかの画素の緑色発光層66に相分離が見られた。

【0049】これらの有機ELディスプレイについて、駆動電圧と輝度との関係を調べた結果を図10にグラフ

* クで囲われた領域（開口部）内に配置する。この液体としては、以下に示す組成の混合溶液を使用した。

で示す。このグラフの曲線aは、この第3実施形態の方法で得られた有機ELディスプレイの結果を示す曲線であり、曲線bは、比較例の方法で得られた有機ELディスプレイの結果を示す曲線である。なお、両曲線の輝度は、基板上の同じ位置の画素について測定した値である。

【0050】このグラフから分かるように、同じ駆動電圧での輝度は、第3実施形態の方法で得られた有機EL素子の方が高くなっている。以上のことから、この第3実施形態の方法によれば、画素間および画素内での輝度の均一性が高く、しかも各画素の輝度が高い有機ELディスプレイを形成することができる。

【0051】なお、前記第2実施形態のインクジェット装置では、ガスフロー用チューブ5を、インクジェットヘッド2の相対的な進行方向X2の後側側面にのみ固定してあるが、図11に示すように、ガスフロー用チューブ5をインクジェットヘッド2の相対的な進行方向X2の後側と前側の両方に設けてもよい。このようにすれば、後側のみにガスフロー用チューブ5を設けた場合と比較して、より強力に溶媒蒸気の除去が行われる。

【0052】また、前記第2実施形態のインクジェット装置では、ガスフロー用チューブ5への気体導入をチューブ5の端部から行っているが、図12に示すように、ガスフロー用チューブ5の長手方向中心部に、上方に延びるガス導入管52を接続して、ここからチューブ5への気体導入を行ってもよい。このようにすると、チューブ5の端部から気体を導入する場合よりも、チューブ5の長手方向の両端まで気体が容易に供給される。

【0053】図13は、図12のガスフロー用チューブ5の気体吹き出し穴51の部分拡大して示した図である。この図に示すように、気体吹き出し穴51をチューブ5の長手方向に沿って二列に設けてもよいし、三列以上に設けてもよい。このように気体吹き出し穴51を複数列に設けると、インクジェットヘッド2に固定した時の吹き出し角度θに幅ができるため、より広範囲で溶媒蒸気を同時に除去できるという効果がある。また、この場合、複数列の気体吹き出し穴51による吹き出し角度θの範囲を30°～60°とすることが好ましい。

【0054】また、インクジェット法による薄膜形成は、グローブボックス等の閉じられた空間で行われるこ

とがあるが、閉じられた空間で、基板面に気体を吹き付けて溶媒蒸気の除去を行う場合には、吹き付けた気体を吸引しながら行う必要がある。この吸引は、吹き付けた気体がインクジェットヘッドの方へ向かわないように行う必要がある。そのため、吸引口は、閉じられた空間のインクジェットヘッド側ではなく基板側に設ける。

【0055】また、本発明の方法および装置は、前記第3実施形態に示すように、有機EL素子を構成する薄膜を形成する方法および装置として好適であるが、カラーフィルタをなす薄膜を形成する方法および装置としても好適である。液晶パネル等に用いるカラーフィルタ薄膜をインクジェット法で形成する場合には、インクジェットヘッドから基板上のバンクで囲われた領域に、カラーフィルタ形成材料と溶媒とを含む液体を吐出するが、この際に、基板上に配置された液滴から蒸発した溶媒がバンク上で結露することがある。ここで、通常、隣り合う領域には異なる色のカラーフィルタ薄膜が形成されるため、この結露が混色の原因となる恐れがある。

【0056】この場合に、本発明の方法で液滴の配置を行えば、配置順の遅い位置でも、液体吐出が溶媒蒸気分圧の低い雰囲気で行われるため、前記結露の防止効果が得られる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の方法によれば、インクジェット法による薄膜の形成方法において、吐出する液体の溶媒が密度の大きな溶媒である場合でも、基板面内での均一性の高い薄膜が得られるようにできる。本発明のインクジェット装置によれば、本発明の方法を容易にまたは効果的に行うことができる。

【0058】本発明の有機EL素子の製造方法によれば、基板面内での輝度の均一性が高い有機EL素子を得ることができる。本発明の有機EL素子は、基板面内での輝度の均一性が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の方法および従来の方法に相当する、インクジェット法による液体配置方法を説明するための平面図(a)と、液滴の位置による薄膜の状態の違いを説明するための平面図(b)である。

【図2】第1実施形態の方法で液滴の配置を行って形成された薄膜の、図1(b)の液滴A、Bに対応する両位置での蛍光スペクトルを示すグラフである。

【図3】従来の方法で液滴の配置を行って形成された薄膜の、図1(b)の液滴Aに対応する位置での蛍光スペクトルを示すグラフである。

【図4】従来の方法で液滴の配置を行って形成された薄膜の、図1(b)の液滴Bに対応する位置での蛍光スペクトルを示すグラフである。

【図5】第2実施形態の方法を説明するための平面図である。

【図6】第2実施形態の方法で使用するインクジェット

装置を説明するための側面図である。

【図7】第2実施形態の方法で使用するインクジェット装置を説明するための平面図である。

【図8】第2実施形態の方法で使用するインクジェット装置を説明するための平面図である。

【図9】本発明のインクジェット法による薄膜形成方法を有機EL素子の製造方法に適用した例(第3実施形態)を説明するための図である。

【図10】有機EL素子の駆動電圧と輝度との関係を調べた結果を示すグラフであって、曲線aは第3実施形態の方法による結果を、曲線bは比較例の方法による結果を示す。

【図11】本発明のインクジェット装置の別の実施形態を示す斜視図である。

【図12】本発明のインクジェット装置の別の実施形態を示す斜視図である。

【図13】図12のガスフロー用チューブの気体吹き出し穴の部分を拡大して示した図である。

【符号の説明】

1 基板

11 基板の一領域

12 基板の一領域

13 基板の一領域

12 基板の一領域

15 基板の一領域

2 インクジェットヘッド

21 インクジェットヘッドの上側部材

22 インクジェットヘッドの下側部材

3 ノズル列

31 ノズル(液体吐出口)

4 液滴

5 ガスフロー用チューブ(気体吹き付け部)

51 気体吹き出し穴

52 ガス導入管

61 ガラス基板

62 ITO電極(陽極)

63 SiO₂層

64 ポリイミド層

65 正孔注入/輸送層

65a 正孔注入/輸送層の形成材料を含む液体

66 緑色発光層

66a 緑色発光層の形成材料を含む液体

67 陰極

68 エポキシ樹脂からなる封止層

X 基板をなす長方形の長辺方向

X1 基板の進行方向

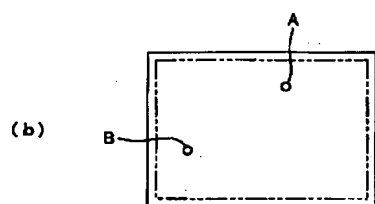
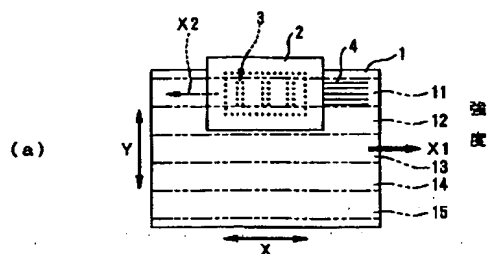
X2 インクジェットヘッドの相対的な進行方向

Y 基板をなす長方形の短辺方向

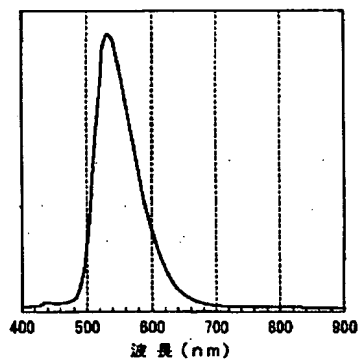
θ 気体吹き出し穴の鉛直方向に対する角度

Z 鉛直方向

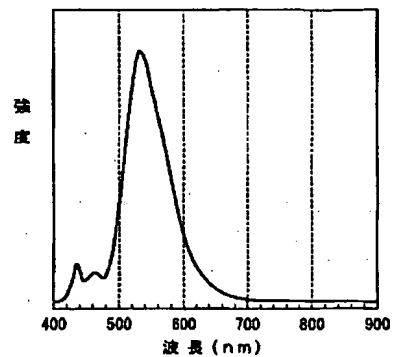
【図 1】



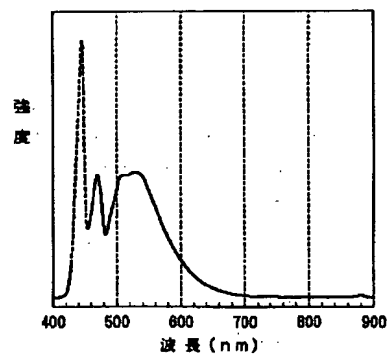
【図 2】



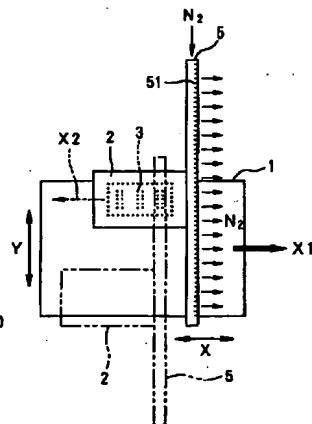
【図 3】



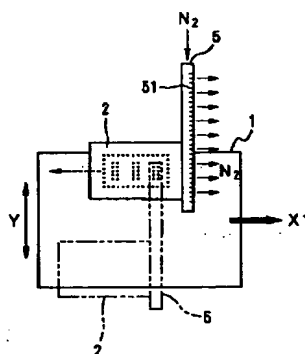
【図 4】



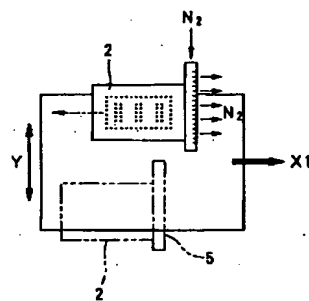
【図 5】



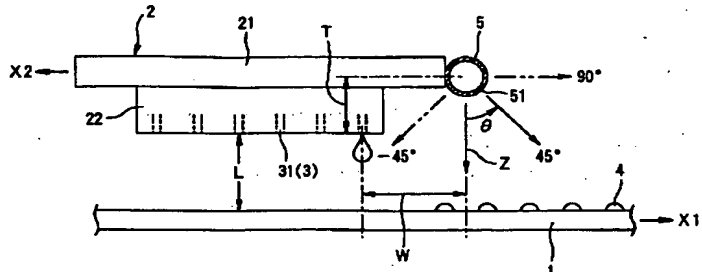
【図 7】



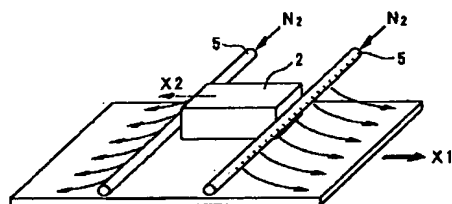
【図 8】



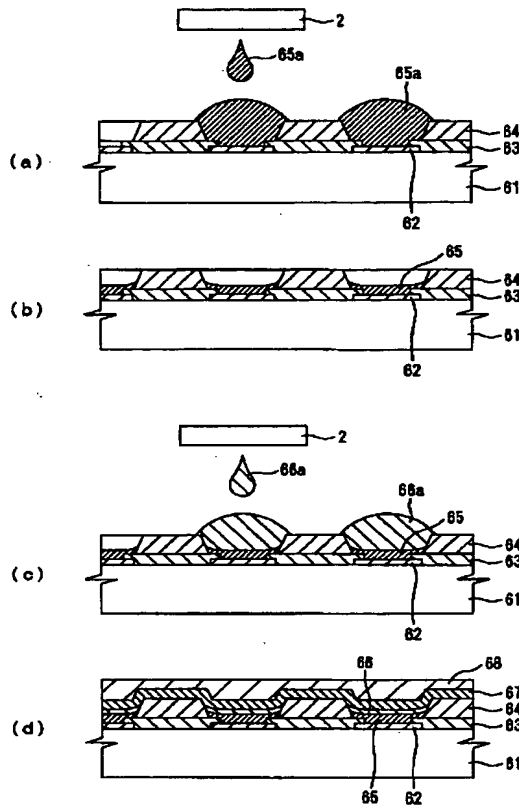
【図 6】



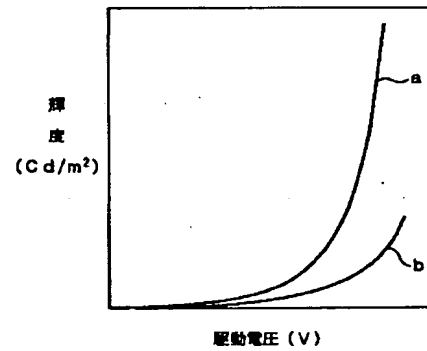
【図 11】



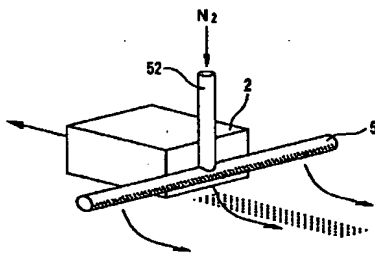
【図9】



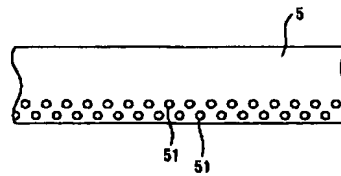
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H05B 33/10
33/14

識別記号

FI

H05B 33/14
B41J 3/04

テマコード (参考)

A 4F042
101Z

(72) 発明者 森井 克行
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内

F ターム(参考) 2C056 FB01 FB08 HA44
3K007 AB02 AB18 CA01 CB01 DA01
DB03 EB00 FA01
4D075 AA01 AA43 BB57Z CA22
CA48 DA07 DB13 DC22 DC24
EA07 EA23 EA33 EB11 EB56
4F033 AA14 BA03 CA07 DA05 EA01
JA07
4F041 AA02 AA05 AB01 BA21 BA57
4F042 AA07 AA28 BA27 DD39

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.